



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 10288749 A

(43) Date of publication of application: 27.10.98

(51) Int. Cl **G02B 26/10**
G02B 13/00
G02B 13/18

(21) Application number: 09097087

(71) Applicant: RICOH CO LTD

(22) Date of filing: 15.04.97

(72) Inventor: SUZUKI SEIZO
HAYASHI YOSHIAKI
MASUDA KOJI**(54) LENS FOR OPTICAL SCANNING**

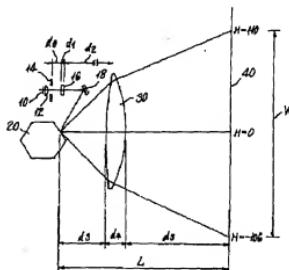
diameters of the light spot is controlled within the tolerance in actual use by designing the lens having the depth margin.

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To control the fluctuation of diameters of light spot within tolerance by constituting a lens so as to be provided with the depth margin so that the fluctuation due to an image height of diameters of the light spot caused by ununiformity of refractive index in the lens is controlled within the tolerance in an actual use.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

SOLUTION: A luminous flux from a light source 10 is coupled with a succeeding optical system by a coupling lens 12 and is formed into a proper luminous flux cross sectional shape with an aperture 14 for forming a beam, and converged in a subscanning direction with a cylinder lens 16, and when it is reflected on a mirror 18, it is formed into a line image long in a main scanning corresponding direction near the deflecting reflection surface of the optical deflector 20 of a polygon mirror. The deflected luminous flux deflected in a constant angular velocity with the optical deflector 20 transmits a lens 30 for optical scanning to be converged on the surface to be scanned 40 as a light spot, which optically scans the surface 40 at a constant velocity. The lens 30 is formed by a plastic molding method, and however it has a refractive index distribution in its inside, the fluctuation due to the image height of the



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(1)特許出願公開番号

特開平10-288749

(43)公園日 平成10年(1998)10月27日

(51) Int.Cl.⁶ G 02 B 26/10
13/00
13/18

F I
G O 2 B 26/10 103
13/00
13/18

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全8頁)

(22) 出願日 平成9年(1997)4月15日

(71) 出願人 00006747
株式会社リコー
東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 鈴木 清三
東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式
会社リコー内

(72) 発明者 林 聰紀
東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式
会社リコー内

(72) 発明者 増田 浩二
東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式
会社リコー内

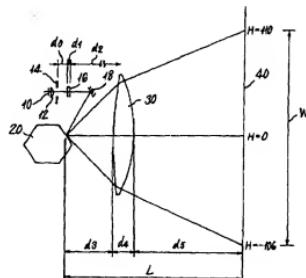
(74) 代理人 弁理士 横山 亨 (外1名)

(54) 【発明の名稱】 特許検査用レンズ

(57) [要約]

【課題】光走査用レンズのレンズ内の屈折率分布に起因する、光スポット径の像高による変動を実使用上許容できる程度に抑える。

【解決手段】光偏振器201により偏振される光束を被査面近傍に集光させる光査用レンズ30であって、プラスチック成形で形成され、レンズ内部に存在する屈折率の不均一に起因する光スポット径の像高による変動が、実使用上の許容領域内に納まるような深度余裕を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】光偏向器により偏向される光束を被走査面近傍に集光させる光走査用レンズであって、

プラスチック成形で形成され、

レンズ内部に存在する屈折率の不均一に起因する光スポット径の像高による変動が、実使用上の許容領域内に納まるような深度余裕を有することを特徴とする光走査用レンズ。

【請求項2】請求項1記載の光走査用レンズにおいて、光走査用レンズの、焦点距離をf、光軸に直交するラジアル方向の屈折率分布量を Δn_r 、光走査用レンズの前側主点位置から物点までの距離をS、有効範囲内における最大レンズ厚をt、深度余裕をwとするとき、これらが有効領域にわたって、条件：

$$w/(2t) \geq |(S \cdot f) / (S - f)|^2 \cdot \Delta n_r|$$

を満足することを特徴とする光走査用レンズ。

【請求項3】請求項2記載の光走査用レンズにおいて、光走査用レンズは、主・副走査対応方向のパワーが異なるアナモフィックなレンズで、副走査対応方向に関して、光偏向器による偏向の起点と被走査面とを略共役な關係とする機能を持ち、

焦点距離：f、光走査用レンズの前側主点位置から物点までの距離：S、深度余裕：w、屈折率分布量： Δn_r をそれぞれ、主走査対応方向に就き f_s 、 S_s 、 w_s 、 Δn_{rs} 、副走査対応方向に就き f_a 、 S_a 、 w_a 、 Δn_{ra} とするとき、これらが有効領域にわたって、条件：

$$w_s/(2t) \geq |(S_s \cdot f_s) / (S_s - f_s)|^2 \cdot \Delta n_{rs}|,$$

$w_a/(2t) \geq |(S_a \cdot f_a) / (S_a - f_a)|^2 \cdot \Delta n_{ra}|$

を満足することを特徴とする光走査用レンズ。

【請求項4】請求項2または3記載の光走査用レンズにおいて、

$$|\Delta n_{ra}| < |\Delta n_{rs}|$$

であり、

主・副走査対応方向の深度余裕： w_a 、 w_s が条件：

$$w_a < w_s$$

を満足することを特徴とする光走査用レンズ。

【説明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は光走査用レンズに関する。

【0002】

【従来の技術】近来、光走査装置に用いられる光走査用レンズは、プラスチック成形で製造されるようになってきている。プラスチック成形では、熱溶融したプラスチック材料を金型で成形し、金型内で冷却させるが、金型の中心部に比して周辺部の冷却が速いため、プラスチック内部に密度の不均一な分布（冷却の速い部分の密度が、冷却の遅い部分の密度に対して相対的に高くなる）

や变成を生じ、形成されたレンズの内部で屈折率が均一にならざり、屈折率分布が発生する。

【0003】図4は、このような屈折率分布の1例を説明的に示している。図4の（a）は、光走査用レンズ1を、光軸を含み主走査対応方向（光源から被走査面にいたる光路上で副走査方向に平行的に対応する方向）に平行な面で仮想的に切断した断面における屈折率分布を「等高線表示」した図であり、（b）は（a）において領域で示す「レンズ肉厚中心に沿った屈折率の分布」を示している。図4の（c）は、光走査用レンズ1を、光軸を含み副走査対応方向（光軸から被走査面に至る光路上で副走査方向に平行的に対応する方向）に平行な面で仮想的に切断した断面における屈折率分布を「等高線表示」した図であり、（d）は（c）において光軸を含み主走査方向に平行な面上における屈折率の分布を示し、（e）は（c）において「レンズ肉厚中心面に沿った屈折率の分布」を示している。図4に示すように、レンズ内部の屈折率分布は通常、レンズ中心部よりもレンズ周辺部の屈折率が高くなるように生じる。これは、レンズ周辺部が中心部より早く冷却され、中心部よりも相対的に高密度になるからである。

【0004】光走査用レンズの内部に屈折率分布があると、現実の光学特性は「レンズ内の屈折率を均一として設計された光走査用レンズの設計上の光学特性」と若干異なったものと成る。

【0005】光走査用レンズは正のパワーを持つが、平均的に見て、光走査用レンズの中心部に比して周辺部の屈折率が高くなるので、被走査面上に集光すべき光スポットの実際の集光位置は「設計上の位置よりも光偏向器から遠ざかる」よう作用する。

【0006】被走査面の有効走査領域を光走査する光スポット径は、光走査用レンズの像面渦曲に応じてその像高とともに変化するが、レンズ内に上記のごとき屈折率の分布があると、屈折率分布によっても変化することになる。図6において、縦軸は光スポット径を示し、横軸はデフォーカス量（光スポットの結像位置（集光位置）と被走査面位置の差）を示している。光走査レンズ内に屈折率分布が無く「屈折率が至る所均一」であるときは、デフォーカス量と光スポット径の関係は破線で示すように、被走査面位置（デフォーカス量が0の位置、実体的には感光体表面）で光スポット径が最小になるが、屈折率分布が存在すると、デフォーカス量と光スポット径との関係は「実線で示す」ようになり、被走査面上における光スポット径は「ビーム径太り」により、設計上の大きさ（破線と縦軸の交点）よりも大きくなってしまう。

【0007】光走査用レンズの設計において上記の如き屈折率分布が考慮されていないと、「光スポット径の像高による変動」が大きくなってしまって、光走査により書き込まれる記録画像の像質を低下させる原因となる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】この発明は、上述の屈折率分布に起因する、光スポット径の像高による変動を実使用上許容できる程度に抑え得るような光走査用レンズの実現を課題とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】この発明の光走査用レンズは「光偏倚器により偏倚される光束を被走査面近傍に集光させる光走査用レンズ」であって、プラスチック成形で形成され、レンズ内部に存在する屈折率の不均一に起因する光スポット径の像高による変動が、実使用上の許容領域内に納まるような「深度余裕」を有することを特徴とする。

$$w/(2t) \geq |((S \cdot f) / (S-f)) \cdot 2 \cdot \Delta_{nr}| \quad (1)$$

を満足することを特徴とする。

【0012】深度余裕：wは、上記光スポットの像高；Hが0のときの光スポットの光強度分布における $1/e^2$ 強度を基準光スポット径としたとき、全像高、即ち光走査による書き込みの有効領域における光スポット径の変動が「規準光スポット径の士10%以下」となるデフォーカス量として定義される。

【0013】屈折率分布量： Δ_{nr} は、偏倚光束の主光線を含む半径：1mmの範囲における前記ラジアル方向の屈折率変化における「最大値と最小値の差」として定義される。即ち、図5を参照すると、図5における縦軸は屈折率：nを表し、横軸は偏倚光束の主光線からのラジアル方向の距離を表す。屈折率の分布が図5の曲線5-1のようであるとすると、屈折率分布5-1はレンズ空間に固定的である。

【0014】今、仮に偏倚光束の主光線が図5の縦軸に合致した場合を考えると、図5の横軸の両側に±1.0※

$$w_m/(2t) \geq |(S_m \cdot f_m) / (S_m - f_m) \cdot 2 \cdot \Delta_{nr}| \quad (1-m)$$

$$w_s/(2t) \geq |(S_s \cdot f_s) / (S_s - f_s) \cdot 2 \cdot \Delta_{nr}| \quad (1-s)$$

を満足する（請求項3）。

【0016】図7は、屈折率の分布がレンズの焦点距離と結像位置に与える影響を説明するための説明図である。図7において、レンズLの前側主点位置：E、後側主点位置：F、物点：P、像点：Q、焦点距離：f、物体距離：S、像距離：S'は、レンズLの屈折率を至る所均一として定義されたものであり、レンズ面の曲率半★40

$$\Delta S' = (S / (S - f))^2 \cdot \Delta f \quad (2)$$

で表される。

【0017】屈折率分布はレンズ作用をもつから、生じた屈折率分布を「これに等価なレンズ」と考えて、その焦点距離をf' とすれば、屈折率分布の生じたレンズし★

$$\Delta f' = f^2 / f' \quad (3)$$

で表される。

【0018】次に、レンズL内における屈折率の分布を表現する。屈折率分布の表現は、一義的ではなく、種々の表現が可能であるが、レンズ形状が光軸対称であると

* 【0010】上記「深度余裕」は、光スポットの像高；Hが0のときの光スポットの光強度分布における「 $1/e^2$ 強度」を基準光スポット径としたとき、全像高（光走査による書き込みの「有効領域」）における「光スポット径の変動の許容幅」である。

* 【0011】請求項2記載の発明の光走査用レンズは、上記請求項1記載の光走査用レンズにおいて、光走査用レンズの、焦点距離を「f」、ラジアル方向（光軸に直交する方向）の屈折率分布量を「 Δ_{nr} 」、前側主点位置から物点までの距離（物体距離）を「S」、有効範囲内における最大レンズ厚を「t」、深度余裕を「w」とするとき、これらが前記有効領域にわたって、条件：

10

$$w/(2t) \geq |((S \cdot f) / (S-f)) \cdot 2 \cdot \Delta_{nr}| \quad (1)$$

※mmの幅を取り、この範囲内における屈折率の最大値と最小値の差： Δ_{nr} がこの場合の「屈折率分布量」である。偏倚光束の主光線位置が、光走査用レンズに対して変位すると、図5における屈折率分布5-1はそのままでは、屈折率分布5-1に対して緯軸位置が変位し、それに応じて屈折率分布量： Δ_{nr} も変化する。

* 【0015】請求項2記載の光走査用レンズにおいて、光走査用レンズは「主・副走査対応方向のパワーが異なるアナモフィックなレンズで、副走査対応方向に関して、光偏倚器による偏倚の起点と被走査面とを略共役な関係とする機能を持つ」ように構成することができる。このようにアナモフィックなレンズとして光走査用レンズを構成する場合には前記の、焦点距離：f、物体距離：S、深度余裕：w、屈折率分布量： Δ_{nr} を各々、主走査対応方向に就き f_m 、 S_m 、 w_m 、 Δ_{nr_m} 、副走査対応方向に就き f_s 、 S_s 、 w_s 、 Δ_{nr_s} とするとき、これらが有効領域にわたって、条件：

$$w_m/(2t) \geq |(S_m \cdot f_m) / (S_m - f_m) \cdot 2 \cdot \Delta_{nr_m}| \quad (1-m)$$

$$w_s/(2t) \geq |(S_s \cdot f_s) / (S_s - f_s) \cdot 2 \cdot \Delta_{nr_s}| \quad (1-s)$$

* ① や、レンズ肉厚、レンズ材質の屈折率により定まる。このとき上記S、 S' 、fの間に関係「 $(1/S) + (1/S') = 1/f$ 」が成立。この状態において、レンズLに前述の屈折率分布が存在すると、その影響により、焦点距離が Δf だけ変化する。この焦点距離変化： Δf は像点を像点位置：Qから S' だけ変化させる。「 $\Delta S'$ 」は近似的に、

$$\Delta S' = (S / (S - f))^2 \cdot \Delta f \quad (2)$$

* の焦点距離は、本来の焦点距離fを持つレンズLと、焦点距離：f'のレンズの合成系の焦点距離となり、上記焦点距離変化： Δf は、近似的に、

$$\Delta f' = f^2 / f' \quad (3)$$

考えると、光軸に直交する方向（ラジアル方向）の座標としてtを取り、光軸方向の座標をzとすると、屈折率の分布が図4に示すようにレンズの中心に対して対称的である場合が一般的であることに鑑み、屈折率分布：n

50

(r, Z)を、a, b, c, ..., A, B, C, ... を定数係数として、

$$n(r, Z) = n_0 + ar^2 + br^4 + cr^6 + \dots + AZ^2 + BZ^4 + CZ^6 + \dots$$

のように表すことができる。「 n_0 」は光軸上でレンズ *

$$n(r, Z) = n_0 + ar^2 + AZ^2 \quad (4)$$

で表すことができる。ラジアル方向(光軸に直交する方)

$$n(r) = n_0 + ar^2 \quad (4')$$

アクシアル方(光軸に平行な方向)のみでは、

$$n(Z) = n_0 + AZ^2 \quad (4'')$$

で表すことができる。

【0019】内部屈折率分布「 $n(r) = n_0 + ar^2$ 」を

等価なレンズで置き換えたときの、焦点距離、即ち、前★

$$f' = 1/(2at) \quad (5-1)$$

で表すことができる。屈折率: n_0 を基準とすると、前

述の屈折率分布量: Δn_r の定義に従い、 Δn_r は係

$$f' = 1/(2 \cdot \Delta n_r \cdot t) \quad (5-2)$$

と書くことができ、ラジアル方向に(4')式で表され◆ ◆る屈折率分布があるとき、前記(3)式は、

$$\Delta f = f^2 \cdot (2 \cdot \Delta n_r \cdot t) \quad (3')$$

となる。この(3')式の右辺を(2)式の右辺に代入*20*すると、

$$\begin{aligned} \Delta S' &= (S/(S-f))^2 \cdot f^2 \cdot (2 \cdot \Delta n_r \cdot t) \\ &= ((S-f)/(S-f))^2 \cdot 2 \cdot \Delta n_r \cdot t \end{aligned} \quad (2')$$

となる。この式が、屈折率分布に起因するデフォーカス量を与えることになる。

【0020】一方、深度余裕: w は、前述の如く「光スポット径の変動が±10%以下となるデフォーカス量」※

$$w \geq |\Delta S'| \quad (6)$$

である必要があり、 $t > 0$ であることを考慮すれば、

$$w/(2t) \geq |((S-f)/(S-f))^2 \cdot \Delta n_r| \quad (1)$$

が成立立つレンズであれば、レンズ内に屈折率分布: $n(r) = n_0 + ar^2$ が存在しても、光スポット径の像高による変動は、±10%以内に抑えられることになる。

【0021】アクシアル方向の屈折率分布: Δn_Z は、焦点距離: f' には殆ど影響しないため、像面位置変化: $\Delta S'$ は実質的に発生しない。しかし、曲率を有する界面で大きな Δn_Z が存在する場合には波面収差が劣化し、「ビームウエスト径」の変動を生じる虞れがある。従って、 Δn_Z が大きい場合には、上記波面収差の劣化によるビームウエストの変動を考慮して、光スポット径の変動が実使用上の許容範囲内にあるように十分な深度余裕を持つことが望ましい。上に説明した計算過程★

$$w_m/(2t) \geq |((S-f)/(S-f))^2 \cdot \Delta n_{rm}| \quad (1-m')$$

$$w_s/(2t) \geq |((S-f)/(S-f))^2 \cdot \Delta n_{rs}| \quad (1-s')$$

を満足するようすればよい。さらに、光走査用レンズが「主・副走査対応方向のパワーが異なるアナモフィックなレンズで、副走査対応方向に関して、光偏振器による偏向の起点と被走査面とを略共役な関係とする機能を持つ」ように構成される場合(請求項3)は、前記物体距離: S 、像距離: S' や焦点距離: f も主・副走査方向で異なるので、前記式(1-m'), (1-s')を満足

*中央部の屈折率を表す。実際にレンズ内に生ずる屈折率分布では、 r や Z の4乗以上の項は無視することができ、屈折率分布: $n(r, Z)$ は、

※向)のみでは、

$$(4')$$

$$(4'')$$

★述の f' は、レンズの最大肉厚: t を用いて、近似的に、

☆数: a に等しい。従って、(5-1)式は、

$$(5-2)$$

$$(3')$$

$$(2')$$

※であるから、光スポット径の変動が実使用上許容される範囲内になるためには、光走査用レンズの有効領域内の至る所で、

$$(6)$$

した。実際に製造される光走査用レンズは、副走査対応方向には必要最小限の幅とすることにより「短冊状」に形成される場合が多い。このような場合には、屈折率の分布は、主走査対応方向と副走査対応方向とで同じにならず、副走査対応方向により大きな屈折率勾配が発生しやすい(図4(e)参照)。

【0022】このような場合には、主走査対応方向の屈折率分布量: Δn_{rm} と副走査対応方向の屈折率分布量: Δn_{rs} とが異なることになるので、主・副走査対応方向の深度余裕: w_m, w_s として、上記(1)式に換えて、

$$w_m/(2t) \geq |((S-f)/(S-f))^2 \cdot \Delta n_{rm}| \quad (1-m')$$

$$w_s/(2t) \geq |((S-f)/(S-f))^2 \cdot \Delta n_{rs}| \quad (1-s')$$

させることにより、主・副走査方向の光スポット径の変動を有効領域にわたって、±10%以内にできる。

【0023】上記請求項2または3記載の光走査用レンズにおいて、前述のように、光走査用レンズを、副走査対応方向を幅方向とする短冊状に形成した場合には一般に、

$$|\Delta n_{rm}| < |\Delta n_{rs}|$$

となるので、主・副走査対応方向の深度余裕： w_B 、 w_S は条件：
 $w_B < w_S$
 を満足する必要がある（請求項4）。

【0024】被走査面上における光スポットの光スポット径の値による変動は、光走査用レンズの設計により定まる主・副走査方向の像面弯曲と上記屈折率分布とに起因して起こるものであるから、必要な深度余裕を確保するには、光走査用レンズの設計上「主・副走査方向の像面弯曲が可及的に小さくなる」ように設計を行うことが有効である。また、副走査方向に関しては、像面弯曲のみならず「光学的横倍率の値による変化」が光スポット径変動の原因となるので、上記光学的横倍率を可及的に一定にするような設計を行うことが有効である。さらに、プラスチック成形に起因する光走査用レンズの屈折率分布は、実験やシミュレーション等によりある程度予測できるので、このような予測に基づき、屈折率分布による影響を考慮して像面弯曲補正を行うことも有効である。

【0025】

【発明の実施の形態】図1は、この発明の光走査用レンズを用いた光走査装置の1例を示している。半導体レーザである光源10からの光束は、カップリングレンズ12により以後の光学系にカップリングされる。カップリングされた光束は「平行光束」または「弱い発散性の光束」もしくは「弱い集束性の光束」となり、ビーム成形用のアーチュア14により光束周辺部分を遮断されて適当な光束断面形状とされ、シリンドレンズ16に入射し、シリンドレンズ16により副走査対応方向（面間に直交する方向）に集束され、ミラー18で反射されると、ポリゴンミラーである光偏振器20の偏向反射面近傍に「主走査対応方向に長い線像」に結像する。なお、シリンドレンズ16はシリンドラ凹面鏡で代替することもできる。

【0026】光偏振器20により等角速度的に偏振され*

i	Ri	ri	di
0			10.000
1	∞	44.68	3.000
2	∞	∞	70.000
3	∞	∞	48.06
4	199.5	-40.03	20.000
5	-212.0	-15.973	106.94

【0033】カップリングレンズによりカップリングされた光束は弱い集束性の光束となるので、その自然集光点（カップリングされた弱い集束性の光束）が、それ自身の集束性のみにより集光する仮想的な位置は、光走査用レンズ30の主走査対応方向における物点となるが、この物点の位置は、上記偏向反射面位置から被走査面側へ向かって距離：312mmの位置にある。図1に示す書き込み幅： $W = 2.16\text{ mm}$ である。

* た偏光束は、光走査用レンズ30を透過し、被走査面40（この位置に光導電性の感光体の感光面が配備される）上に光スポットとして集光し、被走査面40を等速的に光走査する。

【0027】この光走査装置において、光走査用レンズ30は「プラスチックの成形加工」で形成され、レンズ内部に屈折率分布を有するが、前記 $(1-m)$ 、 $(1-s)$ 式を有効領域全域で満足するように深度余裕を持たせた設計により、光スポット径の値による変動を実使用の許容域内に抑えている。

【0028】

【実施例】図1の光走査装置の具体的な実施例を挙げる。

【0029】半導体レーザである光源10として発光波長：780nmのものを用い、光源10からの光束をカップリングレンズ12により弱い集束性の光束とする。アーチュア14は、主走査対応方向幅：2.9mm、副走査対応方向幅：1.7mmの長方形形状の開口を有する。

【0030】光偏振器20は内接円半径：18mmの6面鏡であり、光源側から入射する光束の主光線と、光走査用レンズ30の光軸とが成す角は60度である。

【0031】アーチュア14以下、被走査面40に至る光軸上の距離を図1に示す如く、添字を*i*として d_i ($i=0 \sim 5$) とし、シリンドレンズ16の入射側面、射出側面、光偏振器20の偏向反射面、光走査用レンズ30の光偏振器側面および被走査面側の面および被走査面40を順次、面番号： $i=1 \sim 5$ とする。シリンドレンズおよび光走査用レンズの主・副走査対応方向の曲率半径（光走査用レンズ30に就いては近曲率半径）

を、面番号： i を添字として、 R_i 、 r_i とし、これらレンズの屈折率をNで表示すると、図1の光学配置は以下の如くなる。

【0032】

N	(アーチュア12)
1.51933	(シリンドレンズ1面)
	(シリンドレンズ2面)
	(偏向反射面)
1.51933	(光走査用レンズ1面)
	(光走査用レンズ2面)。

【0034】光走査用レンズ30の焦点距離は、主走査対応方向において $f_m = 20.1$ 、 25 mm 、副走査対応方向において $f_s = 39.853$ 、光走査用レンズ30に対する物体距離は、主走査対応方向に就き $S_m = -25.7$ 、 4.5 mm 、副走査対応方向において $S_s = 61.737$ である。

【0035】光走査用レンズ30は、その光軸を含む主走査対応方向に平行な面内における形状が、両面とも光

軸方向にX軸、光軸直交方向にY軸を取るととき、 R_i を上記近軸曲率半径。 K_i 、 A_i 、 B_i 、 C_i 、 D_i ...を定数として、

$$X = Y^2 / [R + R\sqrt{(1 - (1 + K_i)(Y/R_i)^2)}] + A_i \cdot Y^4 + B_i \cdot Y^6 + C_i \cdot Y^8 + D_i \cdot Y^{10} + \dots$$

なる式で表される「非円弧」形状であり、上記曲率半径： R_i および定数： K_i 、 A_i 、 B_i 、 C_i 、 D_i ...（光偏向器側面に就き $i = 4$ 、被走査面側面に就き $i = 5$ ）は以下の値を持つ。

[0036] 光偏向器側面

$$\begin{aligned} R_4 &= 199.5, K_4 = -3.5, 1.384, A_4 = -1.9846 \times 10^{-7}, B_4 = 2.1692 \times 10^{-11}, \\ C_4 &= 1.9018 \times 10^{-15}, D_4 = -1.8800 \times 10^{-19} \end{aligned}$$

被走査面側面

$$\begin{aligned} R_5 &= -212.0, K_5 = 2.106, A_5 = -3.7090 \times 10^{-7}, B_5 = 1.7132 \times 10^{-11}, C_5 \\ &= -5.9300 \times 10^{-15}, D_5 = 1.4940 \times 10^{-18} \end{aligned}$$

[0037] また、光走査用レンズ30の両面は、光軸と副走査方向とに平行な平面による仮想的な断面における曲率半径： r が、上記Y座標を用いて、

$$r_i(Y) = r_i(0) + \sum a_{ij} \cdot Y^{**2j}$$

なる式（光偏向器側面に就き $i = 4$ 、被走査面側面に就き $i = 5$ ）に従って変化している。なお「 Y^{**2j} 」はYの2j乗を表す。和の項は添字：j（正の整数）に就き取る。

[0038] 光偏向器側面

$$\begin{aligned} r_4(0) &= -40.03, a_{41} = -1.190 \times 10^{-2}, a_{42} = 1.678 \times 10^{-5}, a_{43} = -1.764 \\ &6 \times 10^{-8}, a_{44} = 9.9902 \times 10^{-12}, a_{45} = -2.8355 \times 10^{-15}, a_{46} = 3.154 \times 10^{-19} \end{aligned}$$

被走査面側面

$$|((-257.45 \times 201.25) / (-257.45-201.25))^2 \cdot \Delta n_{rm}| \quad (1-m1)$$

となる。また $(1-s)$ 式の左辺の「 $w_s / (2t)$ 」は $8 \times 10^{-3} / ((61.737 \times 39.853) / (61.737-39.853))^{2/3} \cdot \Delta n_{rs}$ である。

となる。屈折率分布量： Δn_{rm} 、 Δn_{rs} に就いて、種々の測定やシミュレーションで評価してみると、「 Δn_{rm} 」に就いては「 $\alpha \times 10^{-6}$ 」で $9.5 > \alpha > 5$ の大きさであり、「 Δn_{rs} 」に就いては「 $\beta \times 10^{-5}$ 」で $\beta < 3$ の量であることが知れる。

[0042] そこで、 $(1-m1)$ 式における Δn_{rm} として「 9×10^{-6} 」、 $(1-s1)$ 式における「 Δn_{rs} 」として「 1×10^{-5} 」を想定してみると、 $(1-m1)$ 式の右辺は 0.1148 、 $(1-s1)$ 式の右辺は 0.126 となり、 $(1-m)$ 式および $(1-s)$ 式の条件が満足されることがわかる。

[0043] このようにして、光走査用レンズ30内に屈折率分布が存在しても、光スポット径の変動は土 10

$$\begin{aligned} * r_5(0) &= -1.5.973, a_{51} = -8.580 \times 10^{-4}, a_{52} = 2.072 \times 10^{-7}, a_{53} = 1.505 \times 10^{-9}, a_{54} = -1.77196 \times 10^{-12}, a_{55} \\ &= 9.1971 \times 10^{-16}, a_{56} = -2.28 \times 10^{-19}, a_{57} = 2.18171 \times 10^{-23} \end{aligned}$$

[0039] この実施例による像面弯曲（破線が主走査方向、実線が副走査方向）と等速特性の図を図2に示す。図2においては光走査用レンズ内部の屈折率分布の

影響は考慮されていない。等速特性としてはリニアティイ（実験）と f 特性（実験）を示す。カップリングレンズによりカップリングされた光束は弱い集束性であるので、光走査用レンズは厳密には f 0 レンズでないが、誤解を生じる虞はないと思われるの、 f 0 特性なる用語を用いる。

[0040] 図3は、上記実施例のデータに基づき S F(line spread function)から求めた「 $1/e^2$ 強度で定義される光スポット径」のデフォーカス量に対する変化を、像高： -110 mm 、 -82 mm 、 0 mm 、 82 mm 、 107 mm の位置においてシミュレーションで求めた図であり、図3（a）は主走査方向、（b）は副走査方向である。これらの図において「上限」と記された直線は、光スポット径の変動が「像高：0 mm の光スポット径を基準として実使用上の許容範囲である土 10% 以内に納まる」ときの光スポット径の最大値である、書き込み領域全体で光スポット径が「上限」以下と成る領域が「深度余裕：w」であり、図示のように主走査方向に就き $w_a = 5.5 \text{ mm}$ 、副走査方向に就き $w_b = 8 \text{ mm}$ である。即ち、 $w_a < w_b$ であって、請求項4の条件が満足されている。

[0041] 光走査用レンズは最大レンズ厚が 20.0 mm であるから、 $(1-m)$ 式の左辺の「 $w_m / (2t)$ 」は、 $5.5 / (2 \cdot 20.0) = 0.14$ 、右辺は、

$$|((257.45-201.25) / (257.45-201.25))^2 \cdot \Delta n_{rm}| \quad (1-m1)$$

%以内に抑えられ、良好な光走査を行うことができる。

[0044] 先に、光走査用レンズの深度余裕を確保するのに、「主・副走査方向の像面弯曲が可及的に小さくなる」ように、また「副走査方向に関して像面弯曲のみならず、光学的横倍率を可及的に一定にする」ようにレンズ設計を行なうことが有効であることを説明した。

[0045] 説明中の実施例では、光走査用レンズの両面を「光軸を含み主走査対応方向に平行な面内での形状を非円弧形状」とし、「光軸と副走査対応方向とに平行な面内の曲率半径を光軸からの主走査対応方向の距離： Y に応じて変化させる」ことにより、図2に示すように主・副走査方向の像面弯曲を良好に補正している。また、副走査方向に関する横倍率： $\beta(\theta)$ (θ は偏向光束

の偏向角)に就いては、有効領域内での任意の偏向角:
 θ に対し、条件:

$0.95 |\beta(0)| \leq |\beta(\theta)| \leq 1.05 |\beta(0)|$
 を満足するように設計が行われており、これにより、上記の如く(1-m)式、(1-s)式の条件を満足する十分な深度余裕が得られているのである。

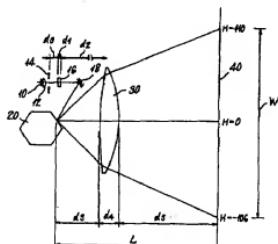
- 【0046】なお、請求項2記載の発明において、深度余裕として、上記の如く光スポット径の変動が士10%以内に納まる場合を限定しているが、実際の実使用において光スポット径の変動が士10%より大きくても、実使用上許容される場合も考えられ、請求項1における「実使用上許容される光スポット径の変動」は、そのような場合には、士10%に限られないことはいうまでもない。

【0047】また、プラスチックで光走査用レンズを成形する場合には、上記屈折率分布の他に、プラスチックは光学異方性定数が大きいため、成形後の冷却の過程で、内部応力がレンズ内部に残留して「複屈折分布」が生じることが考えられる。

【0048】このような複屈折分布があると、透過光束に対して波面収差が発生しやすく、波面収差が大きくなると、光スポット径を決定する偏向光束の「ビームエンドスト径」が大きくなり、これがまた、光スポット径変動の原因となる。

【0049】このような複屈折分布に起因する光スポット径変動を軽減させるには、複屈折分布に起因して透過光束に生じる位相の遅れである「リターデーション: ΔR_r 」が、偏向光束の波長: λ 以下、即ち、 $\Delta R_r \leq \lambda$ となるようにすることが有効であり、このような補正を屈折率分布に対する補正と組み合わせることにより、光スポット径変動をより有效地に軽減させることができる。

【図1】



【0050】

【発明の効果】以上に説明したように、この発明によれば新規な光走査用レンズを実現することができる。この発明の光走査用レンズは、上記の如き深度余裕を持って設計されるので、レンズ内に屈折率分布があっても、光スポット径の変動を実使用上許容される範囲に抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の光走査用レンズを用いる光走査装置の1例の光学配置を示す図である。

【図2】上記光走査装置の具体的な実施例における光走査用レンズの像面弯曲と、等速特性とを示す図である。

【図3】実施例に関して、主走査対応方向と副走査対応方向の深度余裕を説明するための図である。

【図4】光走査用レンズ内の屈折率分布を説明するための図である。

【図5】ラジアル方向の屈折率分布量: Δn_r を説明するための図である。

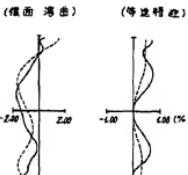
【図6】光走査用レンズの屈折率分布に起因する光スポット径の変化を説明するための図である。

【図7】屈折率分布の、レンズの結像作用への影響を説明するための図である。

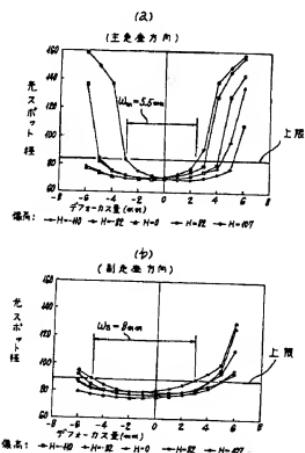
【符号の説明】

1 0	光源
1 2	カップリングレンズ
1 4	アバーチュア
1 6	シリンドレンズ
2 0	光偏向器
3 0	光走査用レンズ
30 40	被走査面

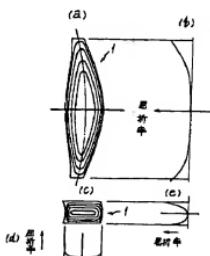
【図2】



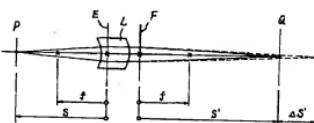
【図3】



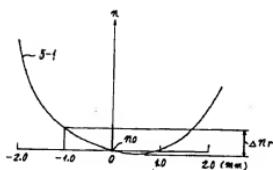
【図4】



【図7】



【図5】



【図6】

